

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-228450

(P2001-228450A)

(43) 公開日 平成13年8月24日 (2001.8.24)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 F 1/125

識別記号

F I

G 0 2 F 1/125

テームト\* (参考)

2 H 0 7 9

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-40793 (P2000-40793)

(22) 出願日 平成12年2月18日 (2000.2.18)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(72) 発明者 杉山 昌樹

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100075384

弁理士 松本 昂

Fターム(参考) 2H079 AA04 BA02 BA06 CA07 DA03

DA27 EA03 EA05 EA21 EB13

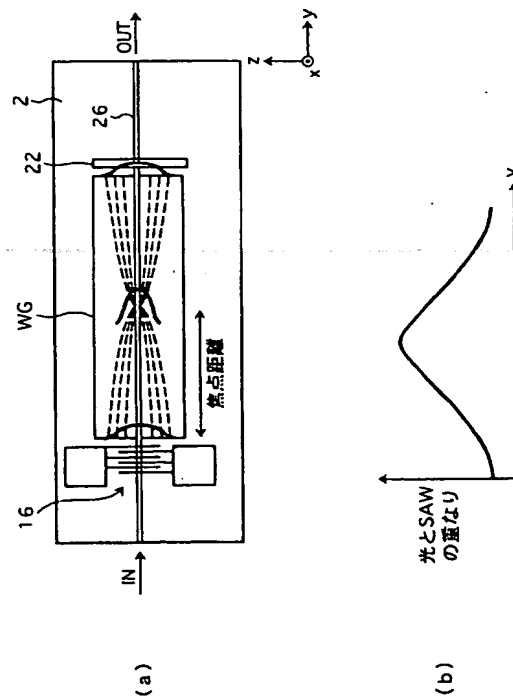
EB23 HA08 HA11 JA07 KA06

(54) 【発明の名称】 音響光学チューナブルフィルタ

(57) 【要約】

【課題】 本発明は音響光学チューナブルフィルタ (AOTF) に関し、良好な特性を得るのに適した表面弾性波の導波構造を有するAOTFの提供が課題である。

【解決手段】 本発明によるAOTFは、光導波路26と光導波路に関連して伝搬する表面弾性波の導波構造WGとを備えており、表面弾性波の導波構造は表面弾性波の伝播方向に垂直な方向に対して概ね放物線状の音速分布を有している。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光導波路と上記光導波路に関連して伝搬する表面弾性波の導波構造とを備えた音響光学チューナブルフィルタであって、

上記表面弾性波の導波構造は表面弾性波の伝搬方向に垂直な方向に対して概ね放物線状の音速分布を有していることを特徴とする音響光学チューナブルフィルタ。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の音響光学チューナブルフィルタであって、

上記表面弾性波の導波構造は、基板と、上記基板における音速を変化させる拡散物質とを含み、

上記拡散物質の濃度分布に従って上記音速分布が設定されることを特徴とする音響光学チューナブルフィルタ。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の音響光学チューナブルフィルタであって、

上記表面弾性波の導波構造は、基板と、上記基板上に形成された薄膜ガイドとを含み、

上記薄膜ガイドの厚みの分布又は密度の分布に従って上記音速分布が設定されることを特徴とする音響光学チューナブルフィルタ。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の音響光学チューナブルフィルタであって、

表面弾性波の励振手段を更に備え、

上記励振手段及び上記光導波路は上記表面弾性波の導波構造の概ね中央に位置することを特徴とする音響光学チューナブルフィルタ。

【請求項 5】 請求項 1 に記載の音響光学チューナブルフィルタであって、表面弾性波の励振手段を更に備え、上記光導波路は上記表面弾性波の導波構造の概ね中央に位置し、上記励振手段は上記表面弾性波の導波構造の中央とは異なる位置に位置することを特徴とする音響光学チューナブルフィルタ。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の音響光学チューナブルフィルタであって、

上記励振手段は異なる周波数で発振する第 1 及び第 2 のインターディジタルトランスデューサを含み、

上記第 1 のインターディジタルトランスデューサにより励振される表面弾性波の伝搬方向と上記第 2 のインターディジタルトランスデューサにより励振される表面弾性波の伝搬方向は逆であることを特徴とする音響光学チューナブルフィルタ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は音響光学チューナブルフィルタ (AOTF) に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、光導波路及びこの光導波路に関連して伝搬する表面弾性波 (SAW) の導波構造を基板上に有する音響光学チューナブルフィルタが知られている。例えば、光の複屈折性を有する  $\text{LiNbO}_3$  基板上に T

i を熱拡散することによって、音響光学チューナブルフィルタに適した光導波路を得ることができる。また、その光導波路に関連して表面弾性波を伝搬させるために、インターディジタルトランスデューサ (IDT) が基板上に形成される。IDT により発生した表面弾性波は SAW ガイドによって予め定められた経路を伝搬し、SAW 吸収体によって吸収されて熱に変換される。

【0003】 表面弾性波が光導波路に関連して伝搬することによって、表面弾性波の周波数及び光導波路の複屈折に応じて決定される特定波長の光に関して TE モードから TM モードへのモード変換或いはこれと逆のモード変換が行われる。従って、このモード変換された光を偏光ビームスプリッタ等の特定の手段によって取り出すことによって、波長分割多重された複数チャネルの光信号を選択光と非選択光とに分けることができる。選択光の波長は表面弾性波の周波数に依存するので、選択光の波長は表面弾性波の周波数によってチューナブルとなる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、光導波路によって導波される光と導波構造によって導波される表面弾性波との相互作用の効率を高めるために表面弾性波の導波構造の幅を広げると、表面弾性波がマルチモードで伝搬し、モード毎に伝搬速度が異なってしまう (モード分散)。その結果、伝搬中に信号波形が歪んでしまうことになる。また、音響光学フィルタのように光と表面弾性波の相互作用を利用したデバイスにあっては、モード毎に選択光の中心波長が異なり、波長特性の劣化を招くことがある。

【0005】 表面弾性波の導波構造の幅を狭くしてシングルモードにすれば、モード分散はなくなる。しかし、IDT で発生する表面弾性波のパワー分布が導波構造の伝搬モードに良好に適合するとは限らず、発生した表面弾性波の一部が漏洩モードとなって導波構造の内外を伝搬する。その結果、IDT と導波構造の結合効率が低くなって駆動電力が増大したり、漏洩モードとなった表面弾性波が特性に悪影響を及ぼすことがある。

【0006】 一方、音響光学チューナブルフィルタで多数の波長を同時に選択する場合には、波長数に応じて消費電力が大きくなる。その結果、IDT の電極や SAW 吸収体での発熱が増大し、温度の不均一によって波長特性が悪化する恐れもある。

【0007】 よって、本発明の目的は、良好な特性を得るのに適した表面弾性波の導波構造を有する音響光学チューナブルフィルタを提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明によると、光導波路と光導波路に関連して伝搬する表面弾性波の導波構造とを備えた音響光学チューナブルフィルタが提供される。表面弾性波の導波構造は表面弾性波の伝搬方向に垂直な方向に対して概ね放物線状の音速分布を有してい

る。

【0009】この構成によると、表面弾性波の導波構造が表面弾性波の伝搬方向に垂直な方向に対して概ね放物線状の音速分布を有しているため、表面弾性波の伝搬定数のモード依存性が小さくなり、モード分散が小さくなる。その結果、良好な特性を得るのに適した表面弾性波の導波構造を有する音響光学チューナブルフィルタを容易に提供することができる。

【0010】望ましくは、表面弾性波の導波構造は、基板と、基板における音速を変化させる拡散物質を含み、拡散物質の濃度分布に従って音速分布が設定される。

【0011】あるいは、表面弾性波の導波構造は、基板と、基板上に形成された薄膜ガイドを含み、薄膜ガイドの厚みの分布又は密度の分布に従って音速分布が設定される。

【0012】本発明による音響光学チューナブルフィルタは、表面弾性波の励振手段を更に備えることができる。この場合、励振手段及び光導波路は表面弾性波の導波構造の概ね中央に位置することができる。あるいは、光導波路は表面弾性波の導波構造の概ね中央に位置し、励振手段は表面弾性波の導波構造の中央とは異なる位置に位置していてもよい。

【0013】励振手段は異なる周波数で発振する第1及び第2のインターディジタルトランスデューサを含むことができる。この場合、第1のインターディジタルトランスデューサにより励振される表面弾性波の伝搬方向と第2のインターディジタルトランスデューサにより励振される表面弾性波の伝搬方向は逆であることが望ましい。

【0014】

【発明の実施の形態】以下本発明の望ましい実施の形態を詳細に説明する。全図を通して実質的に同一の部分には同一の符号が付される。

【0015】図1は本発明を適用可能な音響光学チューナブルフィルタ(AOTF)の平面図である。このAOTFは、基板2と、基板2上に形成された光導波路4及び表面弾性波の導波構造6とを備えている。光導波路4は、入力光INが供給される第1の偏波ビームスプリッタ8と、第1及び第2の光バス10及び12と、非選択光OUT1及び選択光OUT2を出力する第2の偏波ビームスプリッタ14を含む。

【0016】第1の偏波ビームスプリッタ8は、入力光INが供給される入力ポート8Aと、入力ポート8AにTMモードにより結合される出力ポート8Bと、入力ポート8AにTEモードにより結合される出力ポート8Cとを有している。ここでは、TMモードは紙面に平行な第1の偏波面により定義され、TEモードは紙面に垂直な第2の偏波面により定義される。第1の光バス10は出力ポート8Bに光学的に接続され、第2の光バス12

は出力ポート8Cに光学的に接続される。

【0017】第2の偏波ビームスプリッタ14は第1の光バス10に光学的に接続される入力ポート14Aと第2の光バス12に光学的に接続される入力ポート14Bと出力ポート14C及び14Dとを有している。入力ポート14Aは出力ポート14C及び14DにそれぞれTMモード及びTEモードにより結合され、入力ポート14Bは出力ポート14C及び14DにそれぞれTEモード及びTMモードにより結合される。偏波ビームスプリッタ8及び14の各々はX交差型光導波路により提供され得る。

【0018】表面弾性波の導波構造6は、光バス10及び12の入力端部近傍に形成されたインターディジタルトランスデューサ(IDT)16と、IDT16により発生された表面弾性波を導波するためのSAW(表面弾性波)ガイド18及び20と、表面弾性波を吸収する吸収体22とを含む。IDT16は、基板2上に形成された端子16A及び16Bと、端子16A及び16Bにそれぞれ接続されるくし型電極16C及び16Dとから構成される。くし型電極16C及び16Dは互い違いに配列される。

【0019】SAWガイド18及び20は光バス10及び12を挟むように形成されている。吸収体22は光バス10及び12の出力端部近傍に設けられている。

【0020】表面弾性波の導波構造6のこの構成によると、IDT16により発生された表面弾性波が光バス10及び12に沿って伝搬するので、光バス10及び12を伝搬する光と表面弾性波との相互作用を得ることができる。この相互作用によって、光バス10及び12の各々を伝搬する光の特定波長成分に関して偏波面が回転し、偏波モードの変換が行われる。その結果、AOTFの機能が得られる。より特定のには次の通りである。

【0021】偏波ビームスプリッタ8の入力ポート8Aに供給された入力光INは、TMモード光とTEモード光とに分けられてそれぞれ第1の光バス10及び第2の光バス12に供給される。IDT16が駆動されていない場合には、これらTMモード光及びTEモード光の偏波モードは維持されて、第2の偏波ビームスプリッタ14に供給される。その結果、TMモード光及びTEモード光は偏波ビームスプリッタ14で偏波合成されて出力ポート14Cから出力される。

【0022】IDT16が特定周波数のRF信号により駆動されると、その周波数並びに光バス10及び12の複屈折によって決定される波長を有する光に関して、光バス10及び12の各々で偏波モードの変換が行われる。例えば、第1の光バス10に供給されたTMモード光の特定波長成分はTEモードに変換され、一方、第2の光バス12に供給されたTEモード光の特定波長成分はTMモードに変換される。変換された各光は第2の偏波ビームスプリッタ14で偏波合成されて出力ポート1

4Dから出力される。

【0023】従って、入力光INが異なる波長を有する複数の光信号を波長分割多重して得られたWDM信号光である場合には、特定波長を有する光信号は選択光OUT2として出力ポート14Dから出力され、特定波長以外の波長の光信号は非選択光OUT1として出力ポート14Cから出力される。従って、このAOTFの機能を用いることによって、光信号のドロッピングが可能であり、そのときのドロッピング波長を表面弾性波の周波数により任意に変化させることができる。この動作は可逆的である。従って、出力ポート14C及び14Dを入力ポートとし、入力ポート8Aを出力ポートとすることによって、光信号のアッディングが可能である。従って、図1に示されるAOTFを用いることによって、光アド／ドロップマルチプレクサの提供が可能になる。

【0024】尚、以下の説明では、基板2の厚み方向をx軸とし、互いに平行な光パス10及び12の長手方向をy軸とし、x軸及びy軸に垂直な方向をz軸とする3次元直交座標系を用いる。

【0025】図2の(a)及び(b)は本発明を適用可能な他のAOTFの平面図である。このAOTFの光導波路は、図2の(a)に示されるように、基板2上に形成された直線状の光導波路26によって提供されている。IDT16及び吸収体22は光導波路26上に形成されており、SAWガイド18及び20は光導波路26を挟むように設けられている。

【0026】ここでは、入力光INは光導波路26の偏波モードに一致するように直線偏波として供給される。供給された光は光導波路26を伝搬するのに従って表面弾性波との相互作用によって特定の波長成分に関してモード変換が行われ、その結果得られた光は出力光OUTとして出力される。従って、出力光OUTを図示しない偏波ビームスプリッタに入力することにより、AOTFの機能が得られる。

【0027】SAWガイド18及び20間の距離が比較的に長い場合、表面弾性波がマルチモードで伝搬し、モード分散が生じることは前述した通りである。その結果、図2の(a)に示されるように、低次のモードに関連して所望のドロップ光が得られるだけでなく、高次のモードに関連して不所望な他チャネルのクロストークが生じてしまう。

【0028】図3の(a)を参照すると、図2の(a)に示されるAOTFの改良例が示されている。ここでは、互いに方向性結合される表面弾性波の2つの導波構造が得られるように、3つのSAWガイド28、30及び32が形成されている。IDT16及び吸収体22はSAWガイド28及び30間の導波構造に関連して設けられており、光導波路26はSAWガイド30及び32間の導波構造内に位置するように設けられている。その結果、光と表面弾性波の重なりが図3の(a)に示され

るような分布を有するようになり、波長特性が改善される。しかし、図3の(a)に示されるように、サイドローブは原理的に18dBまでしか下がらず、更に改善するには表面弾性波の伝搬方法を工夫する必要がある。

【0029】図4の(a)及び(b)は、本発明の原理を説明するための図である。光ファイバのモード分散を抑えるものとしてグレーデッドインデックス(GI)ファイバがある。GIファイバでは、断面方向の屈折率を放物線状の分布にすることで、伝搬定数のモード依存性を小さくしている。導波構造中を複数のモードに分かれて伝搬するのは表面弾性波の場合も同様であり、マルチモードの表面弾性波の導波構造の音速分布を概ね放物線状(望ましくは厳密に放物線状)にすることでモード分散を小さくすることができる。

【0030】即ち、図4の(a)に示されるように、表面弾性波の伝搬方向に垂直な方向(z方向)について、 $n(z) = n_0^2 [1 - (gz)^2]$  ( $n_0, g$ は定数)のような音速分布が得られるように弾性表面波を作製する。こうすることにより、図4の(b)に示されるように、低次モードの表面弾性波と高次モードの表面弾性波とがy方向にほぼ同じ速度で伝搬するようになるので、モード分散が発生しない。その結果、伝搬中の信号波形の劣化を抑えることができる。また、複数の伝搬モードの中心波長を同じにすることができる。更に、複数のモードで表面弾性波が伝搬するので、IDTで励起された表面弾性波が効率よく導波構造に結合され、低電力化が可能になるとともに、漏洩モードによる特性劣化を抑えることができる。

【0031】図5の(a)及び(b)は本発明によるAOTFの実施形態を説明するための図である。この実施形態では、光導波路26は、表面弾性波の導波構造WGにおける音速がもっとも小さくなる部分(即ち概ねz方向の中央)に一致するように設けられており、また、IDT16は光導波路26上に設けられている。導波構造WGのy方向の長さ(作用長)は、導波構造WGの表面弾性波に対するレンズ効果による焦点距離の概ね2倍になるように設定されている。導波構造WGにおける表面弾性波のパワーは図のように正弦波状の軌跡を描いて伝搬し、焦点距離のところで全てのモードのパワーがz方向の中心に集まる。その結果、図5の(b)に示されるように光と表面弾性波の重なりに重み付けがなされ、AOTFの特性(例えば波長特性)が改善される。

【0032】図6の(a)、(b)及び(c)は表面弾性波の導波構造WGの製造方法の例を説明するための図である。導波構造WGは、基板2と、基板2における音速を変化させる拡散物質とを含むことができる。この場合、拡散物質の濃度分布に従って表面弾性波の音速分布を設定することができる。例えば、基板2がLiNbO<sub>3</sub>である場合には、拡散物質としてTi(チタン)を採用することができる。基板2の表面にTi薄膜を製膜

し、これを熱拡散させることによって、導波構造WGを作製することができる。

【0033】Ti薄膜が厚いほど拡散後の音速が速くなるので、図6の(a)に示されるように、図4の(a)の音速分布に対応した断面形状になるようにTi薄膜をエッチングして、熱拡散を実行するのが理想的である。しかしながら、Ti薄膜の厚み分布を正確に放物線状にするのは一般的には困難なことが多いので、図6の(b)に示されるように、Ti薄膜を段階的にエッチングしたり、図6の(c)に示されるように、矩形の細いTi薄膜を複数配置して、等価的に放物線状の分布にしてもよい。

【0034】図7の(a)、(b)及び(c)は表面弾性波の導波構造WGの製造方法の他の例を説明するための図である。導波構造WGは、基板2と、基板2上に形成された薄膜ガイドTFとを含むことができる。この場合、薄膜ガイドTFの厚みの分布あるいは密度の分布に従って表面弾性波の音速分布を設定することができる。

【0035】基板2上に薄膜ガイドTFを形成することによって、その厚みに応じて音速が変化する。薄膜ガイドTFの厚みが大きくなるほど音速は小さくなるので、図7の(a)又は(b)に示されるように厚みの分布を設定し、あるいは、図7の(c)に示されるように薄膜ガイドTFの存在密度の分布を設定して、等価的に放物線状の音速分布を得ることができる。

【0036】図8の(a)及び(b)を参照すると、本発明によるAOTFの他の実施形態が示されている。この実施形態は、図5に示される実施形態と対比して、IDT16が表面弾性波の導波構造WGのz方向中央部からずれた位置に位置している点で特徴付けられる。この構成によると、光と表面弾性波の重なるの重み付けが図8の(b)に示されるように更に大きくなるので、波長特性をより改善することができる。

【0037】このように本発明の実施形態によると、光と表面弾性波の重なるの重み付けを大きくすることができるので、方向性結合を利用したAOTFに比べてサイドローブをより大きく抑圧することができる。

【0038】図9は本発明によるAOTFの更に他の実施形態を説明するための図である。この実施形態は、IDT及び表面弾性波の吸収体を2つずつ設けている点で特徴付けられる。光導波路26における光の伝搬方向と同じ方向に伝搬する表面弾性波を励起するためのIDT16Aは光入力側に設けられており、光導波路6における光の伝搬方向と逆の方向に伝搬する表面弾性波を励起するためのIDT16Bは光出力側に設けられている。また、IDT16A及び16Bにそれぞれ対応して表面弾性波の吸収体22A及び22Bが設けられている。

【0039】例えば、IDT16Aは周波数 $f_1$ ,  $f_3$ ,  $f_5$ , ...の複数のRF信号により駆動され、IDT16Bは周波数 $f_2$ ,  $f_4$ ,  $f_6$ , ...の複数のRF信号により駆動される。このように複数のRF信号を用いることによって複数チャネルの波長を選択することができる。複数のRF信号を用いて1つのIDTを駆動する場合、そのIDTや吸収体での発熱が大きくなり、AOTFの信頼性が低下することがある。これに対して、図9の実施形態によると、2つのIDT16A及び16Bに複数のRF信号を分配して供給しているので、IDT16A及び16B並びに吸収体22A及び22Bでの発熱を抑制することができ、AOTFの長期信頼性を高めることができる。

【0040】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によると、良好な特性を得るのに適した表面弾性波の導波構造を有する音響光学チューナブルフィルタの提供が可能になるという効果が生じる。本発明の特定の実施形態により得られる効果は以上説明した通りであるので、その説明を省略する。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明を適用可能な音響光学チューナブルフィルタ(AOTF)の平面図である。

【図2】図2の(a)及び(b)は本発明を適用可能な他のAOTFの平面図である。

【図3】図3の(a)及び(b)は図2の(a)及び(b)に示されるAOTFの改良例を説明するための図である。

【図4】図4の(a)及び(b)は、本発明の原理を説明するための図である。

【図5】図5の(a)及び(b)は本発明によるAOTFの実施形態を説明するための図である。

【図6】図6の(a)、(b)及び(c)は表面弾性波の導波構造WGの製造方法の例を説明するための図である。

【図7】図7の(a)、(b)及び(c)は表面弾性波の導波構造WGの製造方法の他の例を説明するための図である。

【図8】図8の(a)及び(b)は本発明によるAOTFの他の実施形態を説明するための図である。

【図9】図9は本発明によるAOTFの更に他の実施形態を説明するための図である。

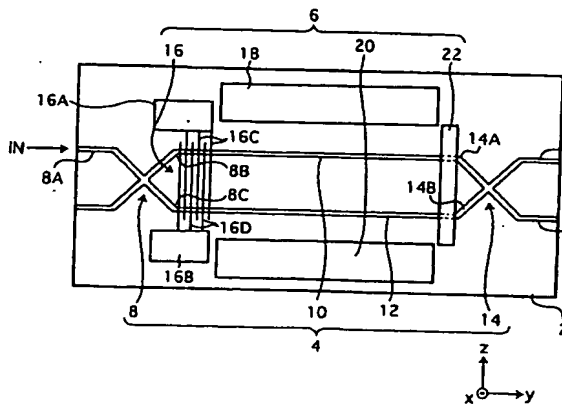
【符号の説明】

2 基板

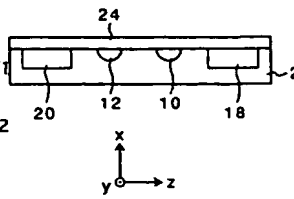
16, 16A, 16B IDT (インターディジタルトランスデューサ)

WG 表面弾性波の導波構造

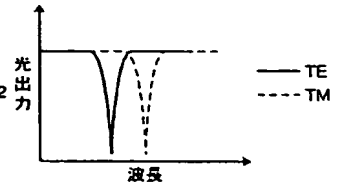
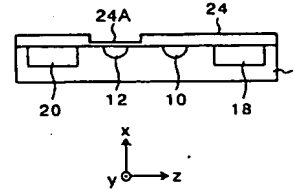
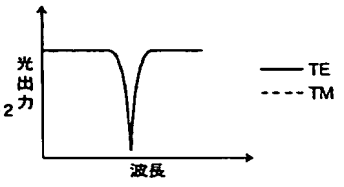
【図1】



【図2】

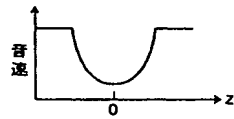
(a)  
エッチング前

【図3】

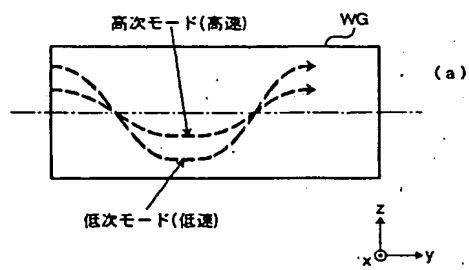
(a)  
エッチング前(b)  
エッチング後(b)  
エッチング後

【図4】

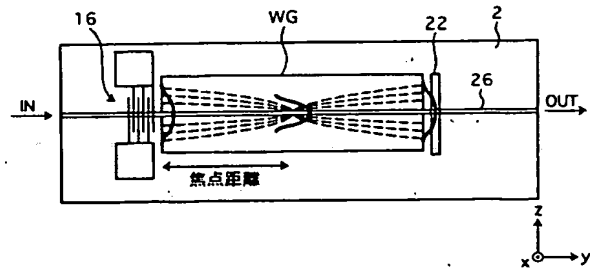
(a)



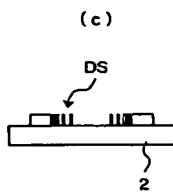
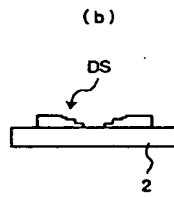
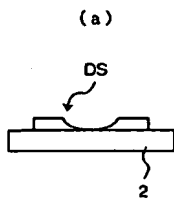
(b)



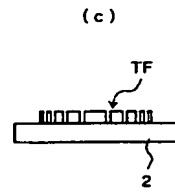
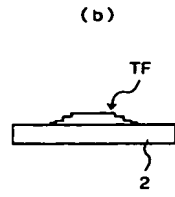
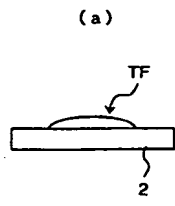
【図5】



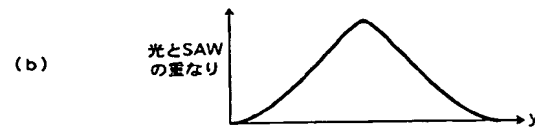
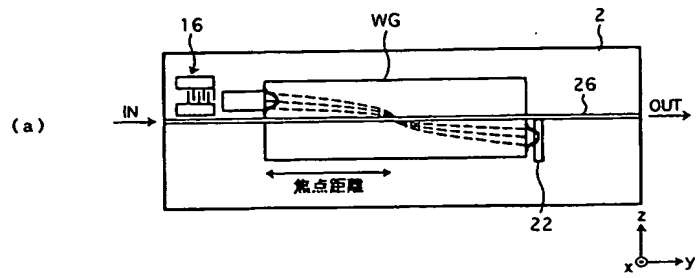
【図6】



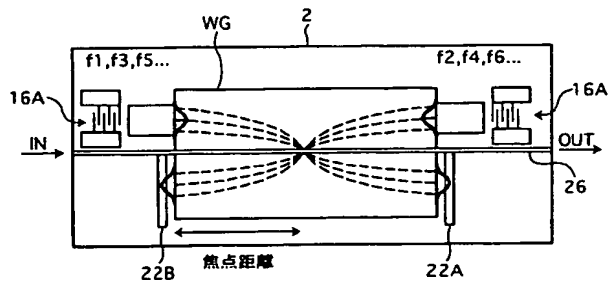
【図7】



【図8】



【図9】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**